La mejora genética en la apicultura (I)

Francisco Padilla Alvarez (padilla@uco.es), José M. Flores Serrano, Francisco Campano Cabanes y Mayra M. Gómez Carpio.
Departamento de Zoología. Campus Universitario de Rabanales. 14071 Córdoba.

Introducción

Las abejas al igual que cualquier otro animal doméstico pueden ser mejoradas en diferentes características interesantes para los apicultores, por ejemplo, producción de miel o de polen.

Para realizar esta mejora cualquier apicultor profesional o aficionado no tiene por qué saber nada de estadística, ni tener unos avanzados conocimientos de genética. Pero para averiguar cómo lo puede hacer tendrá que esperar algo. Lo mejor que puedes hacer, estimado lector, es seguir leyendo hasta el final de la segunda entrega de este artículo para averiguarlo. No pienses que los autores de este artículo somos algo pícaros o torturadores, es que si lees todo el artículo te podrás plantear de una forma más clara lo que quieres y/o puedes hacer.

Antes de seguir es bueno plantear una primera cuestión clara y rotunda: no hay una fórmula simple y fácil de aplicar en un programa de mejora, todo trabajo requiere un esfuerzo continuado y perse-





guir unos objetivos concretos. Es absurdo cambiarlos una y otra vez, de nada sirve trabajar para seleccionar algún carácter de las abejas y a los pocos años marcarnos otros objetivos diferentes.

En cualquier caso, tenemos que asumir que seleccionar nuestras mejores abejas supone un pequeño trabajo adicional para el apicultor.

Tradicionalmente los ganaderos han seguido un criterio claro para mejorar su ganado y con un ejemplo se puede entender. Si el ganadero "A" quiere incrementar la producción de leche de sus vacas, va a seleccionar su(s) mejor(es) productora(s) de leche para ser inseminada(s) por un macho que a su vez es hijo de una vaca buena productora de leche. En otras palabras, para mejorar la característica "producción de leche" voy a elegir como padres y madres a los mejores animales que tengo. Esta forma clásica de realizar una selección recibe el nombre de **"selección masal"**.

¿Podemos aplicar la selección masal a nuestras abejas? La contestación a la pregunta es un rotundo sí. Pero como nuestras abejas son un ganado algo particular, es necesario realizar algunas puntualizaciones.

En una colmena hay una reina y un número variable de obreras (nos olvidarnos por el momento de los zánganos) y vamos a suponer que queremos seleccionar la característica "producción de miel". Si recordamos el ejemplo anterior sobre mejora de la característica "producción de leche" es obvio que seleccionamos un animal, pero en el caso de las abejas la mejora en la "producción de miel" es consecuencia de la actividad de la reina y las obreras. Primera condición: hay que evaluar de alguna forma a la reina y las obreras. Si en la producción de miel consideramos que las importantes son las obreras, nos estamos olvidando de que la reina es la portadora de la genética (características) de la colonia.

Si la reina es buena debe ser capaz de poner un gran número de huevos, la puesta debe ser homogénea y ocu-

La dotación genética de un animal, es decir, la información contenida en sus cromosomas se conoce como genotipo. Cuando observamos características de una abeja (ej. color, tamaño, etc.) estamos observando realmente otra cosa diferente, que es el fenotipo. El fenotipo se puede definir como la expresión del genotipo en un animal y ambiente determinados, o como el conjunto de propiedades de carácter morfológico, físico, bioquímico, de comportamiento, etc., que un organismo vivo desarrolla debido a la interacción de sus genes y el ambiente en el que vive.

par toda la superficie disponible de los cuadros de cría (no debe dejar más de 3-5 celdillas vacías por cada 100 celdillas selladas). La reina ya ha realizado su parte del trabajo y ahora las que tienen que mostrar su capacidad para hacer un gran acopio de miel (característica "producción de miel") son sus hijas, las obreras. Aunque una reina sea muy buena ponedora si sus hijas no son buenas en la recolección de néctar, la colonia muy probablemente nunca la podremos calificar como buena "productora de miel".

Genotipo, fenotipo y ambiente

La dotación genética de un animal, es decir, la información contenida en sus cromosomas se conoce como genotipo. Cuando observamos características de una abeja (ej. color, tamaño, etc.) estamos observando realmente otra cosa diferente, que es el fenotipo. El fenotipo se puede definir como la expresión del genotipo en un animal y ambiente determinados, o como el conjunto de propiedades de carácter morfológico, físico, bioquímico, de comportamiento, etc., que un organismo vivo desarrolla debido a la interacción de sus genes y el ambiente en el que vive.

Por consiguiente el ambiente en el que vive un animal es un factor muy importante a tener en cuenta, de hecho su importancia se manifiesta en la siguiente ecuación:

FENOTIPO=GENOTIPO+ AMBIENTE

No se asusten, ahora lo explicamos mejor con un ejemplo muy sencillo de aplicación de la ecuación: la capacidad de producción de miel (fenotipo) = genoma de la abeja (genotipo) + disponibilidad de flores (ambiente).

Por lo tanto dos animales con el mismo genotipo y colocados en ambientes diferentes, muy probablemente presentarán algunas diferencias en producción de miel. ¿Cuál es la importancia de esta afirmación en el caso de cualquier animal doméstico?, pues que un determinado animal que podemos denominar "A" con una alta producción en un ambiente "1", puede tener una menor producción en un ambiente "2".

Si un ser vivo no se siente a gusto en unas determinadas condiciones ambientales comienza a acumular estrés, que a largo plazo puede llegar a desencadenar diversas patologías en el animal. Un ejemplo sencillo y fácilmente entendible: hay personas que denominamos "frioleras" (fenotipo) debido a que durante el otoño y/o invierno siempre tienen frío, consecuencia directa de esta situación es que en algunos casos su humor está algo alterado. ¿Qué ocurriría si esa persona "friolera" se va a vivir a un país cálido?, pues probablemente se sentiría feliz y a gusto. El caso de las personas consideradas "calurosas" es el contrario, lo pasan mal en un clima cálido pero están muy a gusto en un clima frío.

¿Qué relación tiene lo expuesto con la mejora productiva de nuestros animales?



Cuadro Layens.

Una muy importante, cuando queremos llevar a cabo un programa de mejora genética queremos modificar el genotipo, pero nosotros lo que observamos es el fenotipo. ¿Qué estrategia debemos seguir?, desde un punto de vista teórico la estrategia es sencilla: intentar anular los efectos ambientales para acercarnos lo máximo posible a la siguiente igualdad GENOTIPO = FENOTIPO, o lo que es lo mismo, que lo que medimos sea en su mayor parte debido a los genes y no al ambiente.

Resumiendo, el ambiente en el que viven los animales productivos (ej. las abejas) tiene una gran importancia e influye en todos los procesos relacionados con la biología de animal.

Características cualitativas y cuantitativas

Las características de los animales se clasifican en dos grandes grupos: cualitativas y cuantitativas.

Las características cualitativas son las que se pueden clasificar en diferentes categorías, un ejemplo típico es la pigmentación de los ojos. Si nos vamos a la apicultura un ejemplo clásico podría ser el comportamiento higiénico, el cual es muy importante y está relacionado con la resistencia o tolerancia a enfermedades. Recordemos que el comportamiento higiénico lo podemos definir como la capacidad de las obreras para abrir las celdillas y retirar la cría dañada o muerta.

El estudio genético de este comportamiento se plasma en los primeros trabajos realizados por Rothenbuhler, que hablaban de dos fases: a) abrir la celdilla con cría afectada y b) retirar la cría.

Los estudios de Rothenbuhler mostraban que estos comportamientos estaban controlados por sendos genes: "u" (para detectar y desopercular las celdillas afectadas) y "r" (para retirar la cría afectada de su interior). El comportamiento completo (apertura de la celdilla y retirada del contenido) se realizaba cuando los dos genes presentes en las obreras se expresaban en forma recesiva (alelos recesivos). Si el gen "u" era dominante las abejas no abrían las celdillas, y por lo tanto, no retiraban la cría de su interior. Pero aún en el caso de que el gen "u" fuera recesivo y las abejas abrieran las celdillas, era necesario que también el gen "r" fuera recesivo, para que las abejas expresaran su capacidad de retirar la cría. Así, si "r" no era recesivo, las abejas abrían las celdillas pero no retiraban su contenido.

En resumen, si denominamos "U" y "R" como las formas dominantes y "u" y "r" como las recesivas, podríamos

2ª Ley de Mendel Principio de la segregación		Gametos femeninos F1 (Aa)	
		1/2 "A" Genotipo	1/2 "a" Genotipo
Gametos masculinos F1 (Aa)	1/2 "A" Genotipo	1/4 "AA" Fenotipo A	1/4"Aa" Fenotipo A
	1/2 "a" Genotipo	1/4 "aA" Fenotipo A	1/4 "aa" Fenotipo a

Tabla 1. Cada una de las dos plantas produce dos tipos de gametos en la misma proporción 1/2 "A" y 1/2 "a". La unión de esos gametos produce 25% de plantas con genotipo "AA", 50% de plantas con genotipo "Aa" y 25% con genotipo "aa".

hablas de las siguientes posibilidades:

1.-Abejas "UR". No higiénicas, pues ni abrirían las celdillas ni retirarían la cría afectada.

2.- Abejas "Ur". No higiénicas, pues no abrirían las celdillas y no tendrían oportunidad de retirar la cría.

3.- Abejas "uR". No higiénicas, pues aunque abrirían las celdillas, no sacarían la cría.

4.- Abejas "ur". Higiénicas, pues serían capaces tanto de abrir las celdillas como de retirar la cría afectada.

Actualmente sabemos que este comportamiento desde un punto de vista genético es mucho más complejo en su regulación de lo que hemos descrito, pero hemos acudido a su explicación originaria por ser un ejemplo muy conocido. Para mayor información sobre las características o variables cualitativas ver el anexo I.

Las características de interés productivo no suelen ser de tipo cualitativo, sino cuantitativo. Por ejemplo, el peso o la producción de leche del ganado vacuno o la producción de miel son características cuantitativas. Una característica se denomina **cuantitativa cuando se expresan con números que puede tener cualquier valor entre dos límites, uno superior y otro inferior.** Dicho de otra forma, **es un número que varía,** como podría ser 1, 2, 3,...ó 20Kg de miel.

Vamos a fijarnos en nuestra especie y veremos como el peso es un ejemplo muy claro de característica cuantitativa. Si tomamos un grupo de personas y las pesamos una a una obtendremos una serie de valores diferentes. Si el grupo es pequeño probablemente veríamos diferencias entre unos y otros pesos, pero conforme fuésemos aumentando el número de personas pesadas veríamos que las posibles diferencias desaparecen.

Un ejemplo sencillo: supongamos que pesamos a 5 personas y obtenemos los siguientes pesos: 45, 50, 86, 88 y 83 kg. Parece que hay dos grupos de personas, unas con poco peso y otras con bastante más peso. Lo que realmente ocurre es que nuestra

muestra es muy pequeña y está sesgada en varios aspectos. Si siguiésemos pesando personas encontraríamos que muchas de ellas tendrían pesos comprendidos entre los 50 y 83 kg, también nos encontraríamos con que el peso varía con la edad, por lo que para que nuestros datos fuesen útiles tendríamos que formar grupos de edades. También tendríamos que tener en cuenta si son hombres o mujeres. Resumiendo, el estudio de una característica cuantitativa (peso) en nuestra especie que parece fácil de hacer, nos lleva a tener que formar inicialmente dos grupos (según el sexo) que a su vez se tienen que dividir en varios grupos de edades.

Las características cualitativas interesantes desde un punto de vista productivo suelen estar controladas por un grupo de genes. Además y para complicar algo más el panorama, varios de los genes pueden tener múltiples alelos. Otro aspecto importante a destacar es que los genes cuantitativos suelen mostrar un efecto acumulado y además todos los genes implicados no suelen tener el mismo y proporcional efecto.

Sin tener mucha experiencia en genética es fácilmente comprensible que tratar de mejorar características cuantitativas (ej. producción de miel) en las que están implicados grupos de genes, teniendo en cuenta además que el efecto de cada uno de ellos es variable y que todos los efectos se suman a final, es una tarea bastante ardua y complicada.

Bibliografía

- Bienefeld K., K. Ehrhardt, F. Reinhardt (2008). Honey Bee Selection After Introduction of Genetic Evaluation Using BLUP. American Bee Journal 148: 739-742.
- Bienefeld K., F. Pirchner (1990). Heritabilities for several colony traits in the Honey bee (Apis mellifera carnica). Apidologie 21: 175-183.
_. Flores J. M., M. J. Calero y F. Campano (2004). Selección en el colmenar. El Colmenar 74: 11-16.
- Jaramillo O., S. Lara (2008). Selección y mejora de abejas en colmenares del Golfo de México. Vida Apícola 150: 42-53.
- Laidlaw Jr. H. H. and R. E. Page Jr. (1997). Queen rearing and bee breeding. Wicwas Pres. USA.
- Rothenbuhler, W.C. (1964). Behaviour genetics of nest cleaning in honeybees. I. Responses of four inbred lines to disease killed brood. Animal Behaviour 12: 578-583.
- Rothenbuhler, W.C. (1964). Behavior genetics of nest cleaning in honey bees. IV. Responses of F1 and backcross generations to disease-killed brood. American Zoologist 4: 111-123.
- San Primitivo Tirados F. (2001). La mejora genética animal en la segunda mitad del siglo XX. Archivos de Zootécnia 50: 517-546.
- Woyke J (1977). The heredity of color patterns in the honey bee. Apimondia. Bucharest.



Herencia mendeliana o cualitativa. ANEXO I

Los trabajos del monje agustino Gregor Mendel (1822-1844) con los ya mundialmente conocidos guisantes (amarillos y verdes) sentaron las bases de la genética (Leyes de Mendel), y son un ejemplo típico de herencia de características cualitativas. En este caso la característica cualitativa es el color de los guisantes.

En un primer experimento Mendel cruzó (polinizó) plantas que producían guisantes amarillos con plantas que producían guisantes verdes. El resultado fueron plantas que producían siempre guisantes amarillos. Denominó carácter dominante al que siempre se expresaba (amarillo) y al otro (verde) lo denominó recesivo.

Las primeras plantas que usó constituyen la generación parental (P). Sus descendientes fueron las plantas que sólo producían semillas amarillas y las denominó primera generación filiar (F1).

En un experimento posterior autofecundó plantas de la F1 y en la descendencia (segunda generación filiar o F2) encontró plantas que producían guisantes amarillos y otras plantas los producían de color verde, pero siempre se cumplía la proporción 3:1 (3/4 de plantas que producían guisantes amarillos y 1/4 de plantas que producían guisantes verdes).

Como sería muy prolijo explicar todas las series de experimentos que realizó Mendel, vamos a irnos a la única explicación lógica que encontró y que podía explicar de forma satisfactoria sus resultados.

La explicación es la siguiente: el color amarillo está determinado por un gen que representamos con una letra mayúscula para la forma dominante ("A") y minúscula para la recesiva ("a"). Al ser las plantas diploides (con dos cromosomas homólogos) la constitución genética de una planta para este gen sólo cuenta con tres posibilidades: "AA", "Aa" y "aa".

La generación parental (P) de Mendel estaba formada por plantas puras. Por lo tanto las que producían guisantes amarillos tenían el genotipo "AA" y las que producían los verdes tenían el genotipo "aa". Cualquier cruce de estas plantas da descendientes (F1) con el genotipo "Aa".

¿Qué ocurre cuando autofecundamos plantas de la F1?, el resultado se resume en la tabla 1.

Hemos expuesto anteriormente que el fenotipo se puede considerar como la expresión del genotipo. En el cruce experimental que se expone en la tabla 1 se obtienen plantas de 3 genotipos diferentes: "AA", "Aa" y "aa", pero nosotros sólo vemos 2 fenotipos: amarillo o verde. La explicación es la siguiente: el genotipo "AA" produce guisantes amarillos (fenotipo A), el "Aa" también produce guisantes amarillos ya que el gen "A" es dominante sobre el gen "a" (fenotipo A), finalmente el genotipo "aa" es el único que produce guisantes verdes (fenotipo a).

Si volvemos a la tabla 1 y traducimos a color las proporciones indicadas obtenemos: 25% del genotipo "AA" (color amarillo), 50% del genotipo "Aa" (color amarillo) y 25% del genotipo "aa" (color verde). Resumiendo: 25%+50% = 75% de plantas que producen guisantes amarillos y 25% que producen guisantes verdes. Expresando estos tantos por ciento de otra forma obtenemos la proporción 3:1, es decir, 3 descendientes amarillos por cada uno verde. ¿Sencillo no?

No mucha gente conoce que Mendel dedicó los últimos años de su vida a las abejas. No sabemos mucho sobre este aspecto de sus investigaciones, probablemente intentó aplicar los descubrimientos que había realizado sobre la genética de las plantas a los animales. Lo único que sabemos es que el propio Mendel consideraba a las abejas un modelo de investigación algo frustrante.

Ya que hemos vuelto a las abejas podemos preguntarnos si estos animales tienen características cualitativas. La respuesta es que sí, y el color del abdomen es una de ellas. Lo que ocurre es que el modelo que explica como se hereda el color del abdomen es algo más complejo que el de los guisantes amarillos y verdes.

El Dr. Jerzy Woyke es un científico polaco que ha dedicado toda su vida a estudiar a nuestras queridas abejas. Son muy importantes y variados su estudios, destacando los que abordan diferentes aspectos de la reproducción. De momento solamente vamos a citar su trabajo sobre la herencia del patrón de color del abdomen.

El color del abdomen en las abejas está bajo el control de un gen principal que es el que tiene un mayor efecto cualitativo y 6 ó 7 genes más, cada uno de ellos con un pequeño efecto sobre el color del abdomen.

El gen principal cuenta con 3 alelos ("Y", "yac" e "ybl"). El alelo "Y" es el dominante y produce un color amarillo, el "ybl" produce un color oscuro, parecido al que produce el alelo "yac". Primera conclusión, el color amarillo es dominante sobre el oscuro, además entre estos alelos existe la siguiente secuencia de dominancia "Y" ® "yac" ® "ybl". Una abeja con el genotipo "YY" tendrá un abdomen amarillo (fenotipo) y otra con el genotipo "ybl ybl" tendrá un abdomen oscuro (fenotipo).

Para complicar algo más el panorama hemos citado que existen otros 6 ó 7 genes que producen una gradación del color del abdomen, aunque en menor medida que el efecto que produce el gen "Y". Por ejemplo, los genotipos "YY" e "Yybl" producen abejas con el abdomen de color amarillo, pero este color será más o menos oscuro dependiendo del efecto de los otros genes. De la misma forma el genotipo "yblybl" produce un abdomen oscuro, que será aún más oscuro o algo más amarillo dependiendo de la acción de los otros 6 ó 7 genes.



José Luis Martínez Guijarro

Consejero de Agricultura y Desarrollo Rural de Castilla-La Mancha

"Vamos a subvencionar la asistencia técnica a los apicultores y a sus agrupaciones, así como los programas sanitarios en común y la adquisición de material que redunde en la racionalización de la trashumancia"

El Colmenar: su Consejería ha aumentado en un 2,4 por ciento el presupuesto para 2010 ¿Es esto una apuesta firme de Castilla-La Mancha por el sector agrario y el medio rural?

José Luis Martínez Guijarro.: El Ejecutivo de Castilla-La Mancha ha diseñado para el sector agrario y el medio rural unos presupuestos que nacen del consenso y del pacto con los representantes del sector, unos presupuestos que son fruto de la coalición con la sociedad. Hemos hecho un esfuerzo e incrementado el presupuesto un 2,4%, en un momento de dificultades para todos, y cuando otras Comunidades Autónomas eminentemente agrarias han recortado sus presupuestos para el sector agrario.

Hemos querido hacer especial hincapié en aquellas medidas destinadas al apoyo a los profesionales de nuestro campo y a la mejora del desarrollo socio-económico de nuestro medio rural, todo ello en un marco de austeridad que, como es lógico, obliga a la priorización a la hora de asignar los fondos de un presupuesto que sigue apostando por la rentabilidad de la agricultura en nuestra Comunidad Autónoma.

Creo sinceramente que los presupuestos del Área de Agricultura y Desarrollo Rural para el ejercicio 2010 son suficientes para atender a las necesidades reales del sector agrario y ganadero de Castilla-La Mancha. Hemos incrementado los gastos de actuación y funcionamiento en un 2,6%, las transferencias en un 3,1%, y las inversiones en un 6,5%. Crece el presupuesto global, pero también lo hacen los fondos propios. Hemos incrementado en un 1,54% los fondos propios, porque el compromiso del presidente Barreda con el medio rural y con sus gentes es cada vez mayor.

E.C.: En cuanto a la Política Agraria Común ¿Qué estrategias cree que deben llevarse a cabo y en qué plazo?

J.L.M.G.: El gobierno de Castilla-La Mancha lleva mucho tiempo trabajando, junto con el sector y el Ministerio